

федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Научно-исследовательский институт строительной физики  
Российской академии архитектуры и строительных наук»  
(НИИСФ РААСН)



«УТВЕРЖДАЮ»  
Зам. директора НИИСФ РААСН

  
А.Г. Чеботарев  
«10» февраля 2017 г.  


### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЁТ

по теме: «Акустические испытания звукоизолирующих минеральных эластичных покрытий типа «Tecsound» на трубу диаметром 200 мм»

Вид отчета – заключительный

Шифр по плану НИР – 32150(2016)

Зав. лабораторией защиты от шума  
вентиляционного и инженерно-технологического  
оборудования, доктор технических наук

 В.П. Гусев

Ответственные исполнитель,  
старший научный сотрудник

 М.Ю. Лешко

Москва  
2017

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЪЕКТ И ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ.....	3
2. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ.....	3
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ.....	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	12

## 1. ОБЪЕКТЫ И ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

### Объекты испытаний

Варианты звукоизолирующих покрытий:

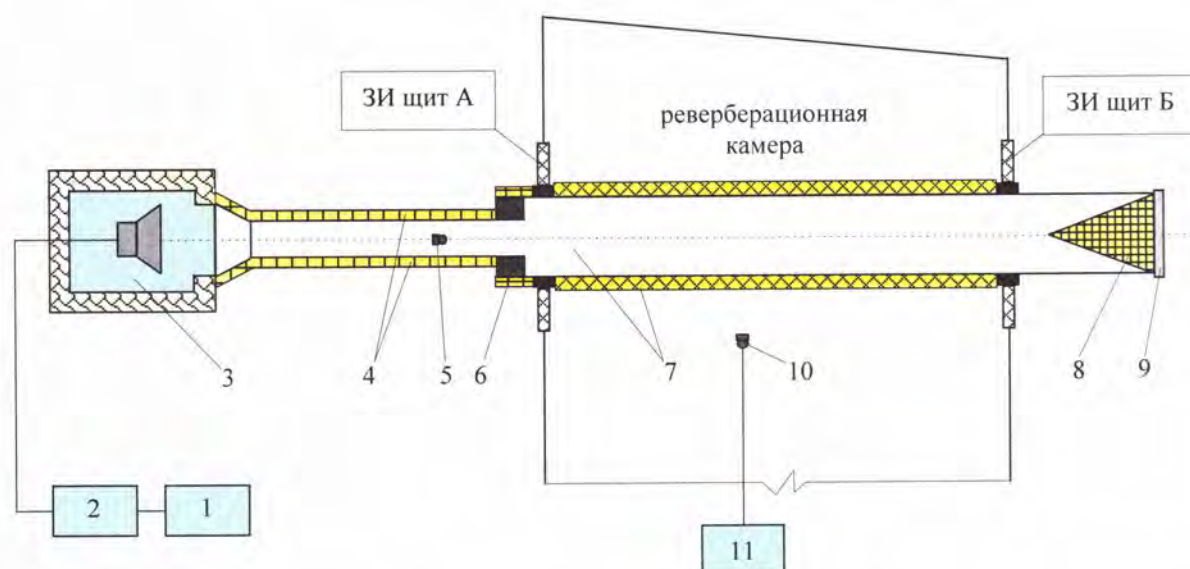
- TecsoundFT 75 (поверхностная плотность  $7,5 \text{ кг/м}^2$ , толщина 14 мм);
- TecsoundFT55 PP (поверхностная плотность  $5,5 \text{ кг/м}^2$ , толщина 15 мм);
- TecsoundSYAl (поверхностная плотность  $5,0 \text{ кг/м}^2$ , толщина 14 мм).

### Цель испытаний:

Определение акустических характеристик звукоизолирующих минеральных эластичных покрытий типа «Tecsound» на трубу диаметром 200 мм.

## 2. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

Методика акустических испытаний покрытий отвечает требованиям ГОСТ 31274-2004 (ИСО 3741:1999) «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер». Испытания проведены на аэроакустическом стенде института. Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 2.1.

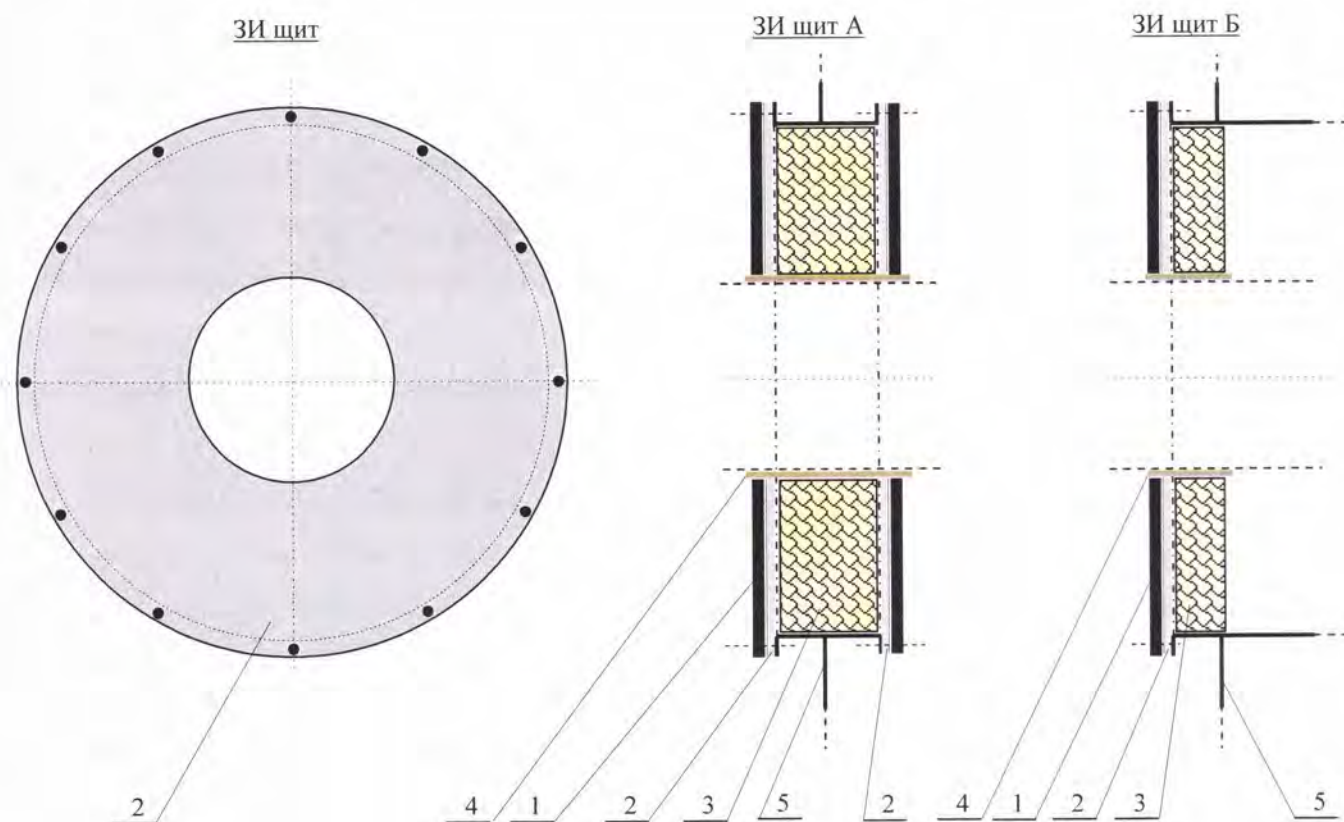


1 – генератор «белого» шума; 2 – усилитель мощности; 3 – источник звука в кожухе со звукопоглощением; 4 – звукоизолированная труба с конфузуром (подводящая звук в испытательную трубу); 5 – контрольный микрофон; 6 – упругий слой (сальник); 7 – испытательная труба (с испытуемым покрытием); 8 – звукопоглощающий клин (для снижения отражения звука от заглушки); 9 – звукоизолирующая заглушка; 10 – измерительный микрофон; 11 – шумомер-анализатор спектра «Октава 110А»

Рисунок 2.1 – Схема экспериментальной установки

В состав испытательного комплекса входят несколько общих элементов. Это металлическая реверберационная камера (РК) объемом 120 м<sup>3</sup>, звуковой генератор шума типа 03004 №31125 фирмы Роботрон (Германия), усилитель мощности типа QSCISA 280 Professional Amplifier фирмы QSC Passionate about sound (США), источник звука, а также подводящая звук в испытательную трубу (измерительную камеру) труба диаметром 300 мм с конфузуром. Источника звука: несколько мощных динамиков, заключённые в кожух со звукоизолирующими и звукопоглощающими ограждениями.

В общем случае испытательные трубы (7) с толщиной стенки 2,0 мм и длиной 6,7 м (по размеру РК) устанавливаются на виброопорах за пределами РК. Трубы проходят через специальные звукоизолирующие (ЗИ) щиты А и Б (рисунок 2.2) в технологических проёмах камеры.



- 1- слой звукоизоляции; 2 – лист фанеры (10 мм); 3 – ЗПМ;  
4 – звукоизолирующая прокладка; 5 – стенка РК

Рисунок 2.2 – Конструкции ЗИ щитов для прохода испытательной трубы

Внутри испытательных труб перед заглушками устанавливаются звукопоглощающие клинья (8) длиной 1000 мм, обеспечивающие снижение отражений и предотвращение образования в них «стоячих волн».

Торцы испытательных труб, как показано на рисунке 2.1, закрыты звукоизолирующими заглушками (9). Они включают металлический лист толщиной 1,5 мм, прокладку из вспененной резины (25 мм), лист многослойной фанеры (24 мм).

Источник звука (3), расположен в смежном с камерой подглушенном помещении (на его стены и потолок установлена звукопоглощающая облицовка). Подводящая звук труба (4) соединяется с несколькими круглыми (прямоугольными) испытательными трубами (7) посредством переходников и вибродемпфирующей вставки (6) шириной 200 мм.

Реверберационная камера по своим конструктивным и акустическим параметрам соответствует ГОСТ 31274-2004 (ИСО 3741:1999) «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности по звуковому давлению. Точные методы для реверберационных камер».

Нижняя граничная частота РК (частота, выше которой число собственных частот камеры велико настолько, что звуковое поле в ней можно считать диффузным), при которой могут быть получены достоверные результаты измерений, составляет 200 Гц. Тем не менее, как показали исследования, пространственное распределение звукового давления в камере достаточно равномерное и на более низких частотах. В первых двух октавах со среднегеометрическими частотами 63 и 125 Гц изменение уровней не превышает  $\pm 2,0-2,5$  дБ. Данный факт является основанием для проведения сравнительных измерений и в этом низкочастотном диапазоне.

При определении абсолютных значений акустических характеристик покрытий или при сравнительных испытаниях покрытий с существенно различающейся поверхностью результатами испытаний могут быть уровни звуковой мощности (УЗМ) таких источников звука (шума), т.е. испытательных труб при наличии на них покрытий и без них. УЗМ таких источников определяются по формуле (2.1).

Уровень звуковой мощности  $L_p$  в дБ испытательной трубы в полосах частот (с покрытиями и без них) определяется по формуле:

$$L_p = L_m + 10 \lg A/A_0 + 10 \lg \left( 1 + \frac{S_v \lambda}{8V} \right) - 6, \quad (2.1)$$

где  $L_m$  - средний уровень звукового давления в полосах частот;

$$L_m = 10 \lg \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right), \quad (2.2)$$

где  $L_i$  - уровень звукового давления в полосе частот в  $i$ -ой точке измерения;

$n$  - общее количество точек измерения;

$$A_0 = 1 \text{ м}^2.$$

$A$  - эквивалентная площадь звукопоглощения,  $\text{м}^2$ , в реверберационной камере на частоте измерения

$$A = 0,16V/T, \quad (2.3)$$

где  $V$  - объем реверберационной камеры,  $\text{м}^3$ ;

$T$  - время реверберации в полосе частот, с.

$S_v$  - площадь ограждающих поверхностей реверберационной камеры,  $\text{м}^2$ ;

$\lambda$  - длина волны на среднегеометрической частоте полосы измерения, м.

До проведения испытаний:

а) в реверберационной камере измерены уровни существующего фона, представленные в таблице 2.1 (*источник звука (3) выключен*).

б) выполнена оценка звукоизолирующей способности ограждений РК с помощью образцового источника шума (ОИШ) и определены уровни фона *при включённом источнике звука (3)*.

Таблица 2.1 – Фон в измерительной камере

Измерительная точка, величина	Уровни звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Источник звука выключен								
Сред. значения по ИТ	33	27	24	19	15	13	10	10
Фон в РК	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>13</b>

ОИШ устанавливался у стационарного источника звука (3). Измерительные точки располагались у источника звука (в ИТ1), у стены РК снаружи (ИТ2) и внутри неё (ИТ3) в 1 м. Результаты измерений и ориентировочная звукоизоляция (ЗИ) ограждений (как разность УЗД снаружи и внутри РК) сведены в таблицу 2.2. Значения ЗИ использованы для оценки фона, создаваемого стационарным источником шума и трубой (4) в РК.

Таблица 2.2 – Оценка звукоизоляции ограждений РК и фона в ней при испытаниях

Величина, измерительная точка	Уровни звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								УЗ дБ А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
УЗД в ИТ 1	52	58	61	53	58	57	59	53	64
УЗД в ИТ 2	50	53	59	52	50	59	57	51	63
УЗД в ИТ 3	32	35	35	30	27	27	25	17	34
<b>ЗИ камеры</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>34</b>	<b>29</b>
УЗД в ИТ 2 (от СИЗ)	69	69	65	62	54	44	43	41	62
<b>Фон в РК</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>31</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>23</b>

При испытаниях генератор и усилитель работали на одном (фиксированном) режиме, при котором в трубе создавались неизменные уровни звука (шума) в октавных (треть-октавных) полосах частот.

Для оценки качественных и количественных характеристик излучаемого источником звука (шума) УЗД измерялись внутри испытательной трубы. Испытания проводились на одном режиме работы генератора и усилителя, при котором внутри испытательной трубы создавались уровни звука (шума), представленные в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Уровни шума внутри испытательной трубы (200 мм)

Измерительная точка	Уровни звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
В середине трубы (110 дБ А)	115	110	108	110	100	99	97	97

Измерения в камере проводились в четырех измерительных точках. УЗД, измеренные в каждой серии до десятых долей, округлялись до целых значений по установленному (существующему) правилу и усреднялись по формуле (2.2).

Вместе с тем, звуковое поле в реверберационной камере однородное и изотропное, поэтому уровни звукового давления (УЗД) в зависимости от места расположения микрофона (измерительных точек – ИТ) изменяются незначительно (на 1-2 дБ в низкочастотном диапазоне).

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения проводились в октавных и третьоктавных полосах частот. Результаты измерений октавных УЗД при наличии и отсутствии на трубе указанных в разделе 1 вариантов покрытий сведены в таблицу 3.1, а третьоктавных УЗД - в таблицу 3.2.

Таблица 3.1 – Результаты измерений в октавных полосах частот

Величина, измерительная точка	Уровни звукового давления, дБ, на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц								УЗ дБ А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Труба без покрытия									
УЗД в ИТ 1	49	56	46	52	67	65	61	49	71
УЗД в ИТ2	56	58	46	53	66	65	61	48	70
УЗД в ИТ 3	55	55	45	52	66	65	62	49	70
УЗД в ИТ 4	50	54	46	52	67	65	62	48	70
<b>УЗД среднее по точкам</b>	<b>53</b>	<b>56</b>	<b>46</b>	<b>52</b>	<b>67</b>	<b>65</b>	<b>62</b>	<b>49</b>	<b>70</b>
Труба с покрытием <b>Tecsound FT75</b>									
УЗД в ИТ 1	44	52	44	44	47	38	28	18	49
УЗД в ИТ2	49	53	44	43	48	37	28	18	49
УЗД в ИТ 3	49	51	45	44	48	38	28	18	50
УЗД в ИТ 4	46	51	44	43	47	38	28	18	49
<b>УЗД среднее по точкам</b>	<b>47</b>	<b>52</b>	<b>44</b>	<b>43</b>	<b>47</b>	<b>38</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>49</b>

Описание таблицы 3.1

Эффект установки	6	4	2	9	20	27	34	31	21
Труба с покрытием Tecsound FT 55 PP									
УЗД в ИТ 1	46	54	45	44	53	42	32	19	54
УЗД в ИТ 2	50	54	44	45	53	42	33	19	54
УЗД в ИТ 3	46	52	45	45	54	42	32	19	55
УЗД в ИТ 4	51	53	44	46	55	42	32	19	56
УЗД среднее по точкам	<b>48</b>	<b>53</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>32</b>	<b>19</b>	<b>55</b>
Эффект установки	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>23</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>15</b>
Труба с покрытием Tecsound SYAI									
УЗД в ИТ 1	54	56	43	48	61	55	45	25	62
УЗД в ИТ 2	50	54	45	47	61	55	45	26	63
УЗД в ИТ 3	48	52	45	48	61	55	45	26	63
УЗД в ИТ 4	54	54	44	48	61	54	46	26	62
УЗД среднее по точкам	<b>52</b>	<b>54</b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>61</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>26</b>	<b>62</b>
Эффект установки	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>23</b>	<b>8</b>

Таблица 3.2 – Результаты измерений в третьоктавных полосах частот

№ п/п	Конструкция	Уровни звукового давления, дБ, в 1/3-октавных полосах частот, Гц										
		50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Голая труба												
1	УЗД в ИТ 1	40	40	48	53	51	46	39	43	42	45	46
2	УЗД в ИТ 2	39	46	55	57	54	45	39	42	41	46	46
3	УЗД в ИТ 3	33	38	53	53	48	42	38	41	42	46	46
4	УЗД в ИТ 4	30	32	50	52	50	45	37	43	43	46	46
5	УЗД среднее	<b>36</b>	<b>39</b>	<b>52</b>	<b>54</b>	<b>51</b>	<b>45</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>46</b>	<b>46</b>
Труба с покрытием Tecsound FT75												
6	УЗД в ИТ 1	39	39	41	49	48	43	37	40	40	38	39
7	УЗД в ИТ 2	37	41	48	50	50	41	36	41	40	39	37
8	УЗД в ИТ 3	32	45	47	47	47	42	37	41	40	40	39
9	УЗД в ИТ 4	32	32	45	48	48	41	36	40	40	39	37
10	УЗД среднее	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>42</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>38</b>
11	Эффект установки	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
Труба с покрытием Tecsound FT 55 PP												
12	УЗД в ИТ 1	39	42	42	49	51	42	38	41	41	38	38
13	УЗД в ИТ 2	37	45	49	48	53	43	36	40	40	38	38
14	УЗД в ИТ 3	30	35	45	48	49	42	36	41	41	38	39
15	УЗД в ИТ 4	33	39	48	50	50	42	38	41	39	39	40
16	УЗД среднее	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>46</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>42</b>	<b>37</b>	<b>41</b>	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>39</b>
17	Эффект установки	<b>1</b>	<b>-1</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>7</b>
Труба с покрытием SYAL												
18	УЗД в ИТ 1	33	46	53	53	52	41	37	38	40	44	42
19	УЗД в ИТ 2	39	41	49	50	51	44	37	42	41	41	43
20	УЗД в ИТ 3	32	33	47	48	50	41	35	40	42	43	43
21	УЗД в ИТ 4	34	37	54	52	49	40	37	41	39	42	43
22	УЗД среднее	<b>35</b>	<b>39</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>37</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>43</b>	<b>43</b>
23	Эффект установки	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>



Окончание таблицы 3.2

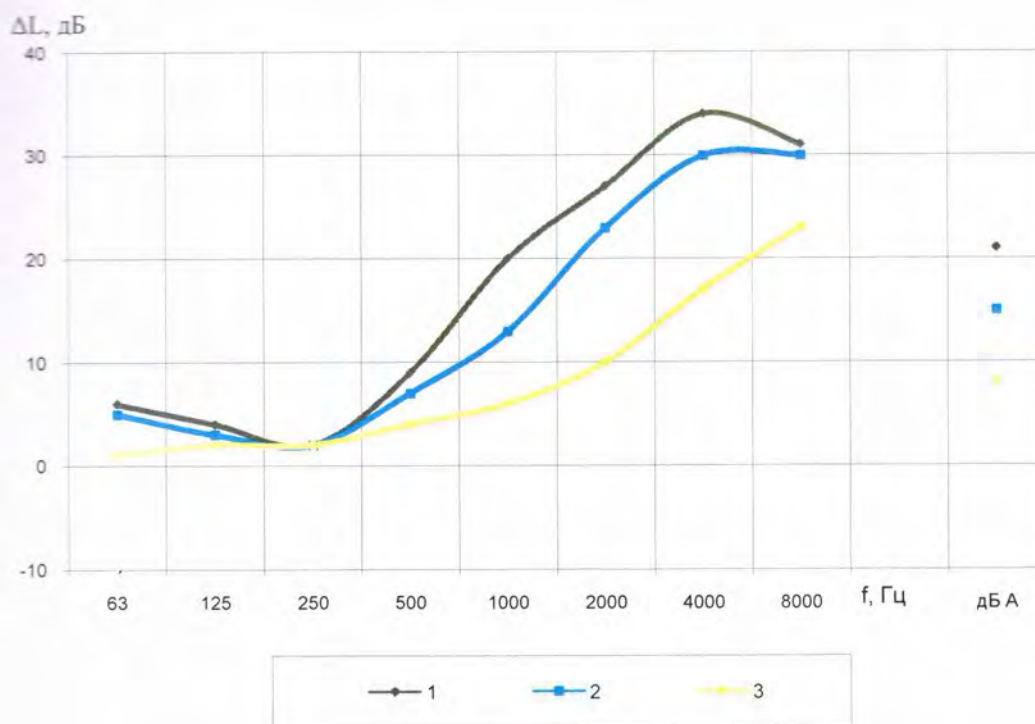
№ п/п	Уровни звукового давления, дБ, в 1/3-октавных полосах частот, Гц													УЗ в дБ
	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Голая труба														
1	49	57	66	61	60	62	58	60	55	51	49	39	29	71
2	50	58	64	61	60	63	58	59	54	50	47	39	28	70
3	50	58	64	61	60	62	58	60	55	51	48	40	28	70
4	49	57	63	63	60	63	58	60	54	51	48	39	29	70
5	<b>50</b>	<b>58</b>	<b>64</b>	<b>62</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>58</b>	<b>60</b>	<b>55</b>	<b>51</b>	<b>48</b>	<b>39</b>	<b>29</b>	<b>70</b>
Труба с покрытием <b>Tecsound FT75</b>														
6	40	42	45	39	34	34	27	27	19	14	13	14	11	49
7	39	42	45	41	34	34	27	27	19	14	14	13	11	49
8	39	43	46	38	34	35	28	27	19	15	15	13	11	50
9	39	42	45	39	34	35	27	27	19	15	16	12	11	49
10	39	42	45	39	34	34	27	27	19	14	14	13	11	49
11	11	16	19	23	26	29	31	33	36	37	34	26	18	21
Труба с покрытием <b>Tecsound FT 55 PP</b>														
12	42	46	50	45	39	39	31	31	24	19	16	14	11	54
13	42	46	51	46	39	40	31	32	25	20	17	13	11	54
14	42	46	53	47	39	39	30	31	24	19	17	13	11	55
15	42	46	54	45	39	39	30	31	24	19	17	13	11	56
16	42	46	52	46	39	39	30	31	24	19	17	13	11	55
17	8	12	12	16	21	24	28	29	31	32	31	26	17	15
Труба с покрытием <b>SYAI</b>														
18	43	48	59	54	52	52	43	44	37	30	24	16	11	62
19	43	50	59	55	51	53	44	44	37	31	25	17	12	63
20	44	48	59	56	51	52	44	44	37	31	26	17	11	63
21	43	49	60	54	50	52	44	45	37	31	26	17	11	62
22	43	49	59	55	51	52	44	44	37	31	25	17	11	62
23	7	9	5	7	9	11	14	16	18	20	23	22	17	8

По результатам измерений можно отметить следующее:

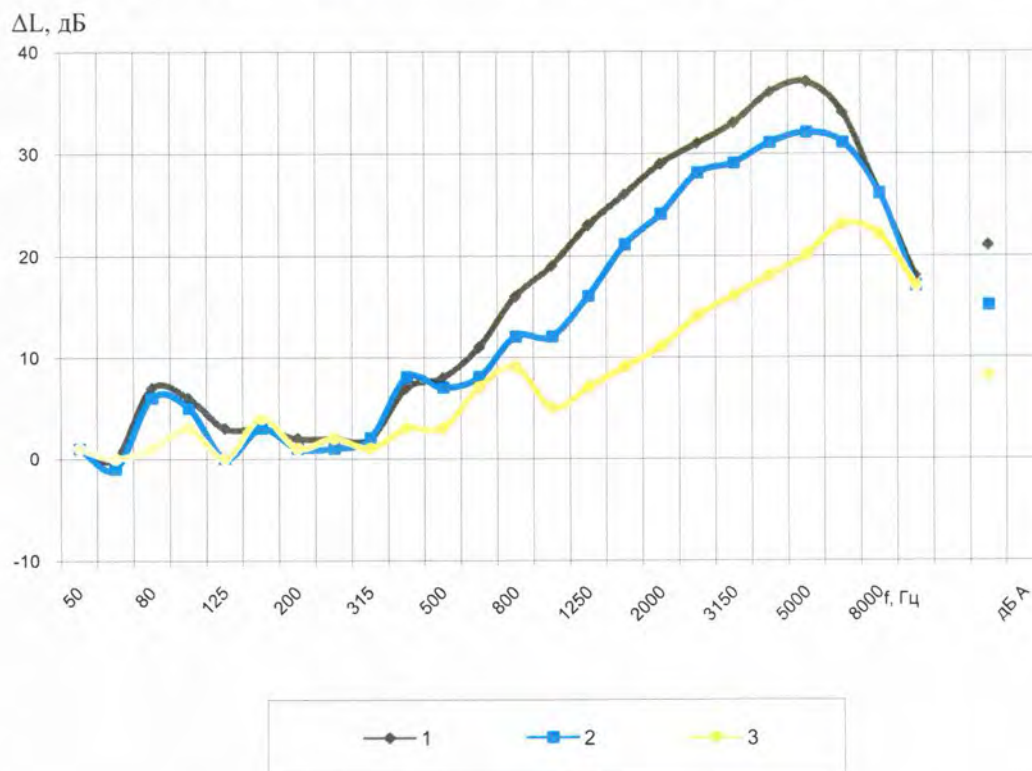
1. Звукоизолирующие минеральные эластичные покрытия из материала типа Tecsound обеспечивают значительное снижение шума трубы в широком диапазоне частот. Наиболее эффективно покрытие из материала Tecsound FT 75 (рисунки 3.1 и 3.2). Эффект установки покрытия из материала типа SYAI удовлетворительный только в диапазоне самых высоких частот.

2. Показанное на рисунках 3.1 и 3.2 снижение эффективности покрытий из материала типа Tecsound в октавной полосе со среднегеометрической частотой 8000 Гц не связано с их свойствами. Дело в том, что в диапазоне частот 5000 – 8000 Гц уровни шума в камере после установки покрытий сравнимы или ниже уровней шума, излучаемого трубой, поскольку труба в этом диапазоне имеет относительно высокую звукоизоляцию.

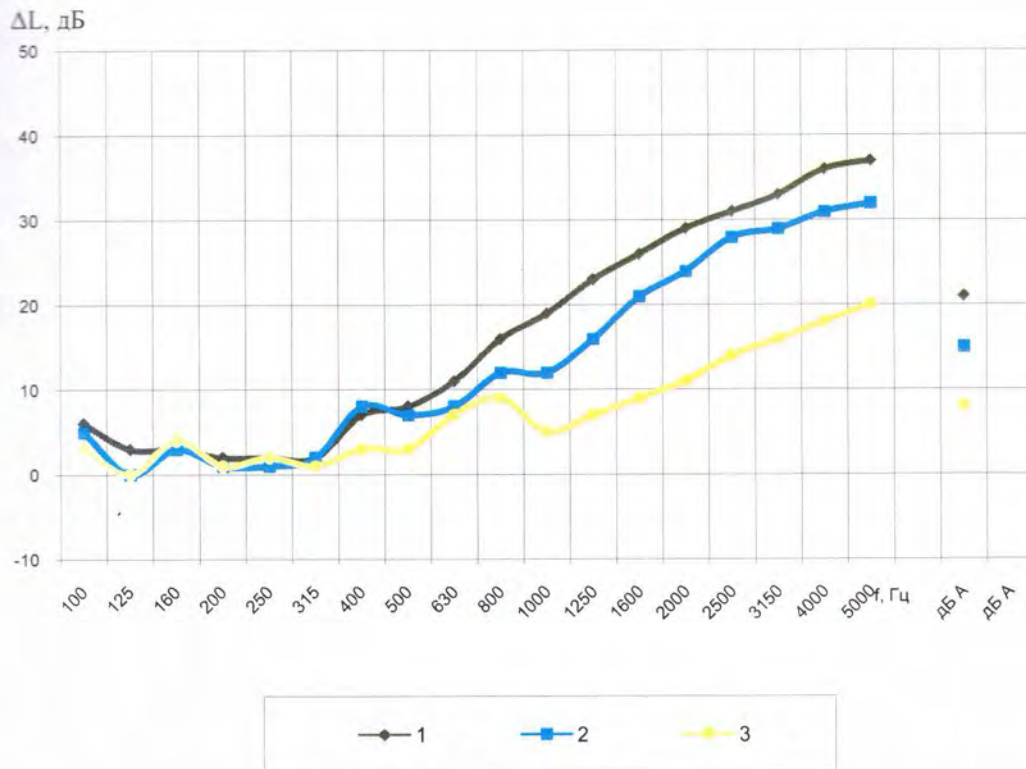
**Примечание** - Оценка показала, что в последней октавной полосе частот (8000 Гц) при необходимости эффективность можно увеличить на 8-10 дБ. В третьоктавных полосах частот эта операция не имеет смысла, поскольку измерения звукоизоляции в указанном диапазоне не проводятся (пример представления данных приведён на рисунке 3.3).



1 – покрытие TecsoundFT75; 2 – покрытие TecsoundFT 55PP; 3 – покрытие SYAl  
Рисунок 3.1 - Эффективность покрытий на трубе диаметром 200 мм



1 – покрытие TecsoundFT75; 2 – покрытие TecsoundFT 55 PP; 3 – покрытие SYAl  
Рисунок 3.2 – Эффективность покрытий на трубе диаметром 200 мм



1 – покрытие TecsoundFT 75; 2 – покрытие TecsoundFT 55 PP; 3 – покрытие SYAI

Рисунок 3.3– Эффективность покрытий, установленных на трубу диаметром 200 мм, в нормируемом диапазоне частот звукоизоляции

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работа выполнена в соответствии с техническим заданием в полном объёме и в установленные договором сроки.

В результате испытаний установлено, что звукоизолирующие минеральные эластичные покрытия типа «Tecsound» на трубу диаметром 200 мм обеспечивают весьма высокую акустическую эффективность (звукоизолирующую способность и снижение уровня шума) в широком диапазоне измеряемых частот. Наиболее эффективно покрытие из материала Tecsound FT 75. Эффект установки покрытия из материала типа SYAl удовлетворительный только в диапазоне самых высоких частот.

Данный факт даёт основание для рекомендации покрытий для надёжной и оптимальной (с точки зрения акустики и экономики) защиты от шума разнообразных технологических труб. Это могут быть, в первую очередь, газопроводы, а также воздуховоды вентиляционных систем в сложных акустических ситуациях.

Полученные акустические характеристики покрытий – необходимые исходные данные для акустических расчетов (определения негативного воздействия шумных трубопроводов). Обязательность таких расчётов при проектировании и строительстве любых объектов устанавливает СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» и его актуализированная редакция (СП 51.13330.2011).